

R8C/38T-A グループ

R01AN1541JJ0100

Rev.1.00

タッチセンサのホイール化手法

2013.03.05

要旨

タッチパネルマイコン R8C/33T グループは、タッチ電極と人体の間に発生する浮遊容量を測定することで人体の接触を検知するハードウェア（センサーコントロールユニット、以下 SCU）を内蔵しています。本アプリケーションノートでは、R8C/33T グループで採用した静電容量式タッチセンサを用いたホイール動作手法について説明します。

対象デバイス

R8C/33T、R8C/3JT、R8C/3NT、R8C/36T-A、R8C/38T-A グループ

目次

1. 電極配置	2
2. 演算手法	5
3. 応用例	6
4. ドリフト補正及びタッチ判定	8
5. サンプルコード	10

1. 電極配置

1.1 概要

タッチセンサを用いて、ホイール形状の位置検出、動作を行う場合について説明します。

アプリケーション動作として、リング状のコントローラ、ジョグ動作などをタッチセンサを用いて行う場合、電極数、電極形状、演算方法が重要となります。
ここでは、4電極を用いての解決策について説明します。

1.2 4電極ホイールでの電極形状及び配置

ホイール動作は4つの電極を1つのセンサーとして処理を行う事で実現します。

指をホイール上で動かした場合に、スムーズな動作とする為には、各電極が検知する容量変化が指の動きに追従する様な工夫が必要となります。

図 1-2-1で示めす電極形状例は、指を移動させた場合に隣り合う電極の割合がリニアに変化する事を目的としています。

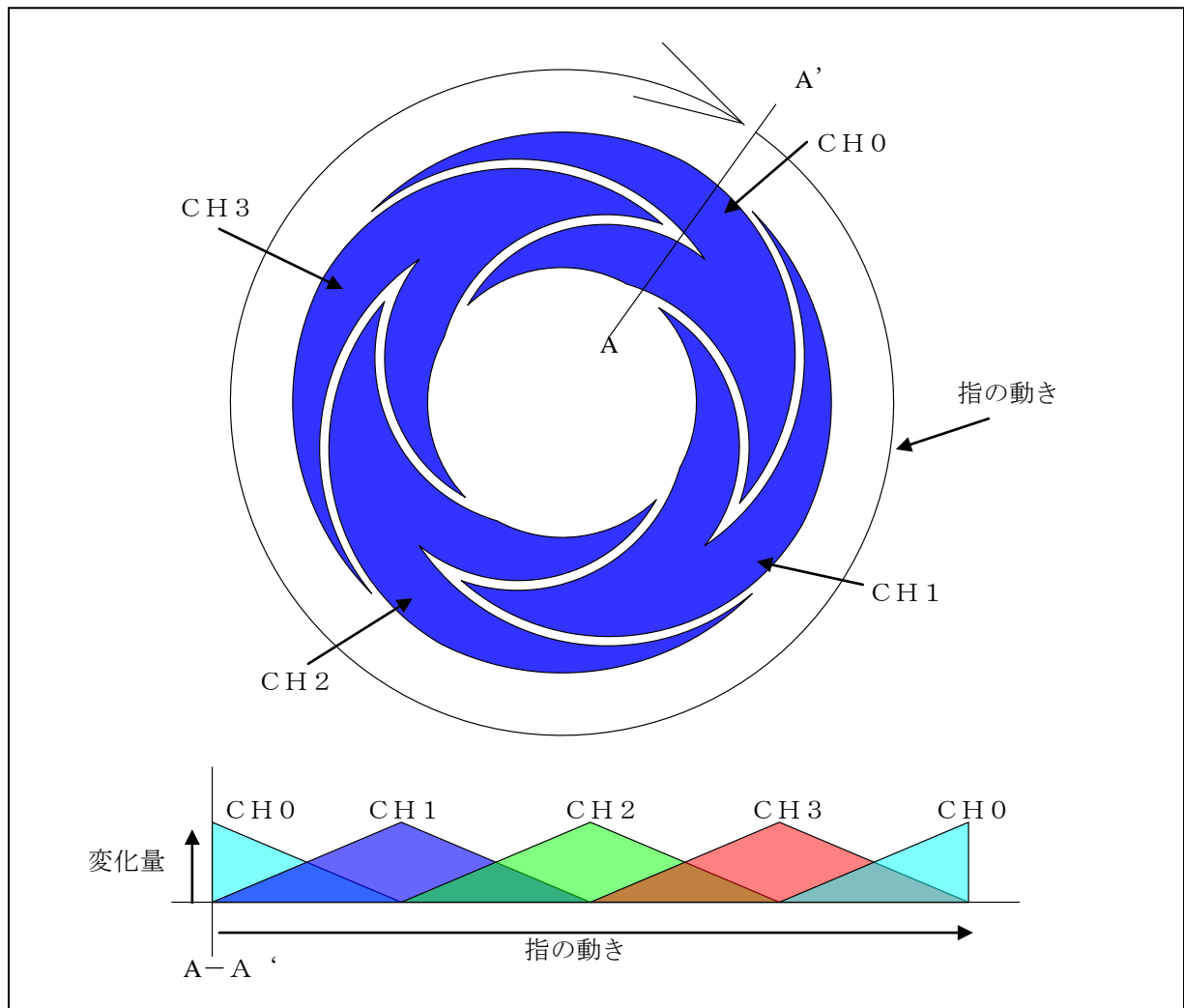


図 1-2-1 4つの電極によるホイール構成例

1.3 電極形状の考え方

指の移動による容量変化を正確に検出する為には、電極形状が重要になります。
以下にスライダ状電極による説明をします。

① 隣接する電極との面積割合関係

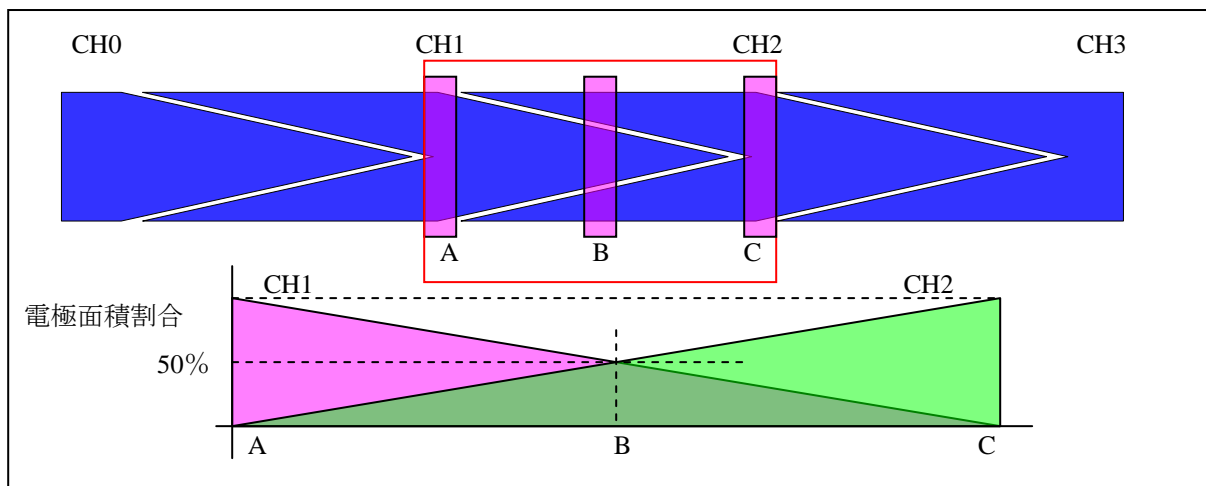


図 1-3-1 電極の面積割合関係図

隣接する電極間の面積割合は、図 1-3-1 の様に、電極－電極のセンターで面積割合が同じになる様にします。

② 隣接する電極の形状について

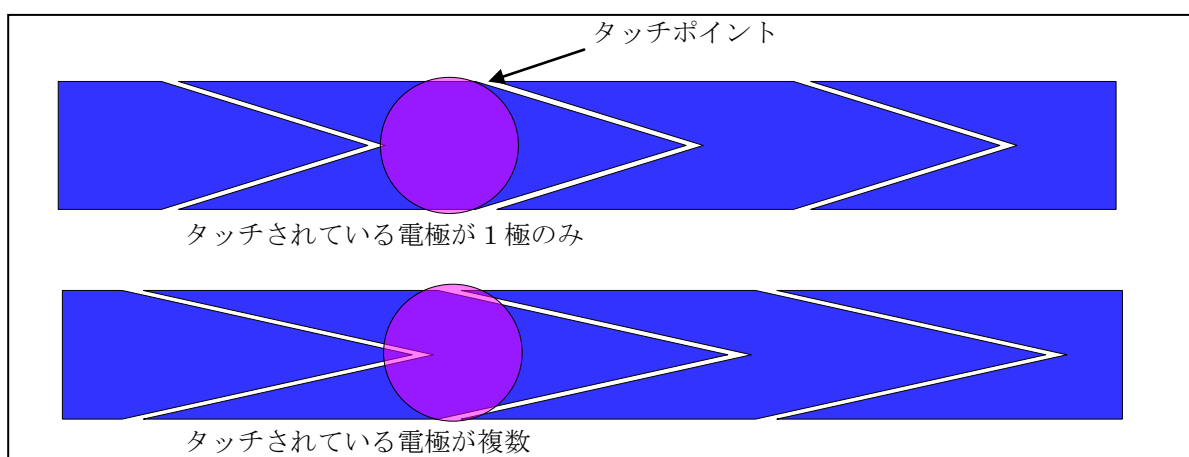


図 1-3-2 タッチ領域と電極形状

本アプリケーションノートで紹介する演算では、タッチ時に容量変化する電極数が多い程、演算精度が良くなります。
タッチ時に多くの電極に触れる様に電極の形状を決定します。
図 1-3-2 をご参照下さい。

③ 接触面積と電極形状の関係

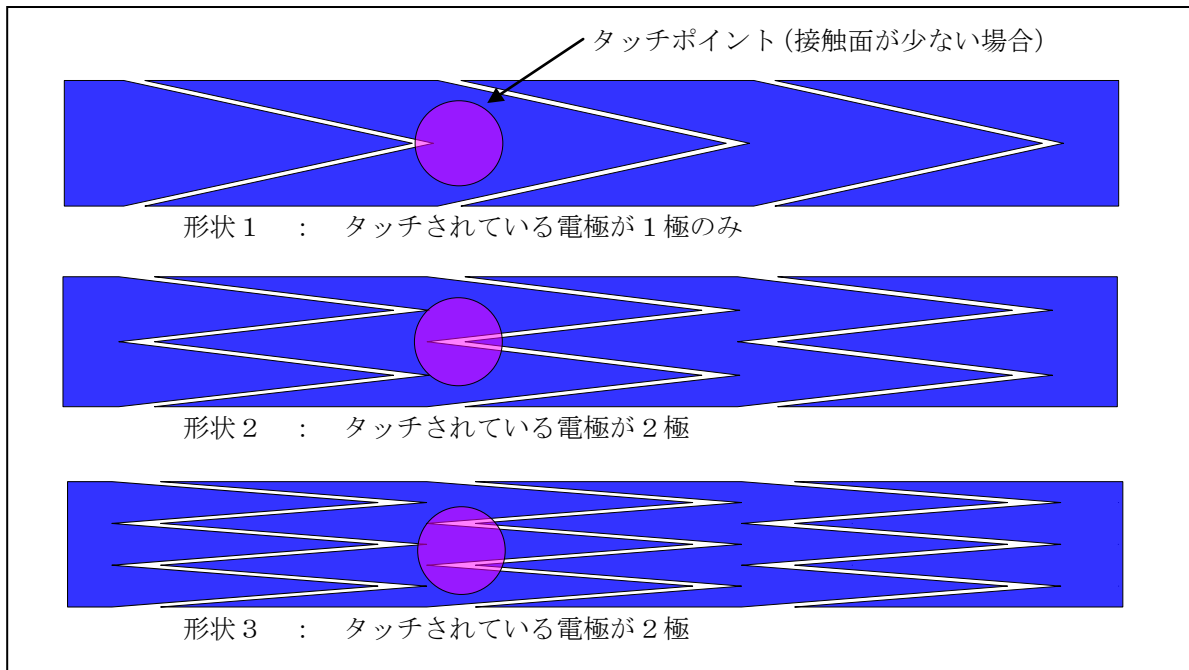


図 1-3-3 タッチ面積と電極形状

接触面積が少ない場合、山形の構成が多いほうが各電極の変化を捉えやすくなります。

④ 電極形状、ギャップ距離関係表

電極形状、ギャップ距離による特性の変化を表 1-3-1及び表 1-3-2に示します。

表 1-3-1 電極形状による特性変化

電極形状 (隣接する電極の山数) による特性変化			
電極山数	少ない	↔	多い
スライド時の変化量の直線性	悪い	↔	良
タッチ面積による誤差	多		少
寄生容量	小		大

表 1-3-2 電極間ギャップ距離による特性変化

電極間ギャップによる特性変化			
ギャップ距離	少ない	↔	多い
スライド時の変化量の直線性	良	↔	悪い
タッチ面積による誤差	少		多
寄生容量	大		小

実機でのご使用においては、要求されるスライダ/ホイールとしての解像度、大きさ、パネル、基板等の環境により 電極CH数、電極幅、形状を評価確認の上、決定下さい。

2. 演算法

2.1 4電極を使用したホイール動作

4つの電極で構成されたホイールでのタッチ、動作デコードの一例を記します。

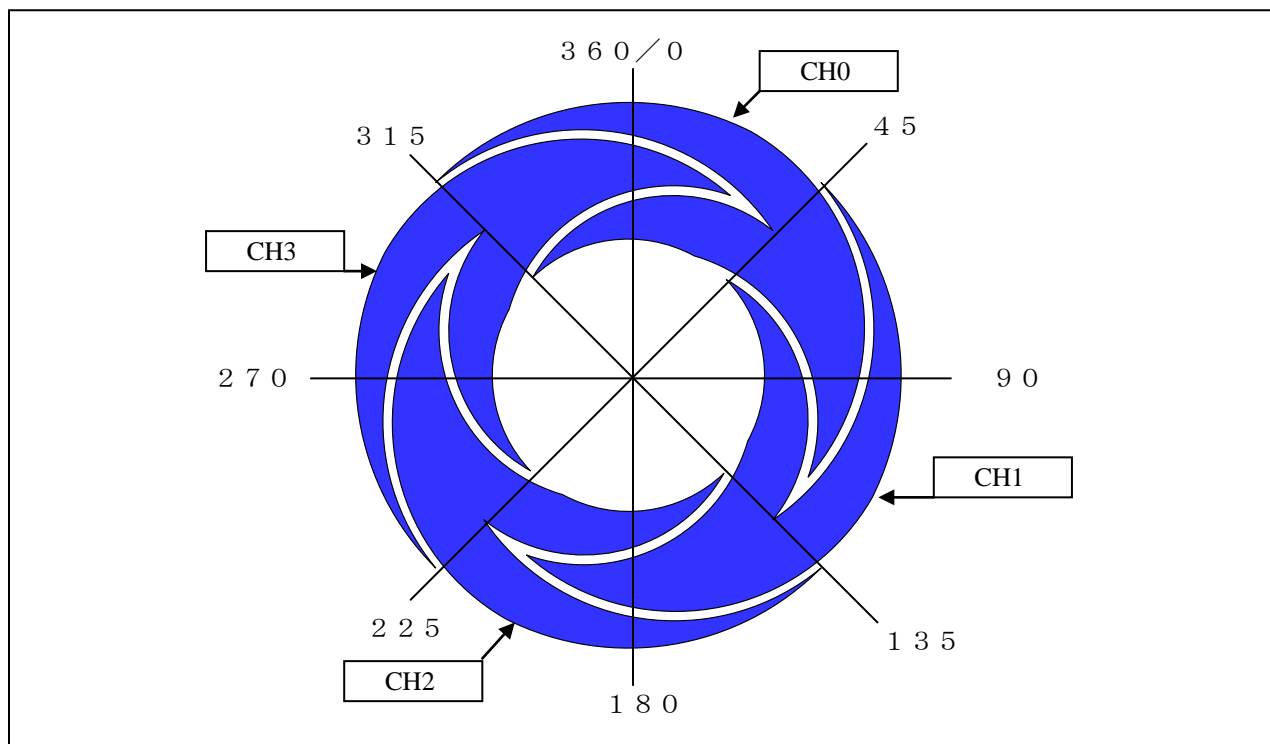


図 2-1-1 4電極ホイール動作説明図

図の様に、4つの電極でホイールを構成する際に、CH0を円周上の45度の位置になる様に配置します。他の電極もそれぞれ135度、225度、315度の位置に配置し、4電極で360度を構成します。

- ①ホイールを構成する4電極の内、最も変化量の大きいCHをセンターとした3電極の変化量を用います。
- ②抽出された3つの電極の変化量に対して、45、135、225の重み付けを行ない3つの電極での角度 (Angle X) を算出します。
- ③最も変化量の大きいCH番号に合わせてAngle X値をオフセットして最終値を得ます。

以下の演算式により、タッチされたポジションを角度のデータとして出力します。

$$AngleX = \frac{\Delta chmax \times 135 + \Delta chdec \times 45 + \Delta chinc \times 225}{\Delta chmax + \Delta chdec + \Delta chinc}$$

$$Angle = AngleX - 90 + chmax \times 90$$

式 2-1-1 4電極ホイール角度算出式

- 注) chmax : 変化量が最大のCH番号
 $\Delta chmax$: 最大変化CHの変化量
 $\Delta chdec$: 最大変化CHに隣接するCHの変化量 (半時計周りに隣接)
 $\Delta chinc$: 最大変化CHに隣接するCHの変化量 (時計周りに隣接)

3. 応用例

3.1 8電極を用いたホイール構成例

前出の4電極での演算によるホイール演算を応用し、8電極でのホイール構成例を記します。

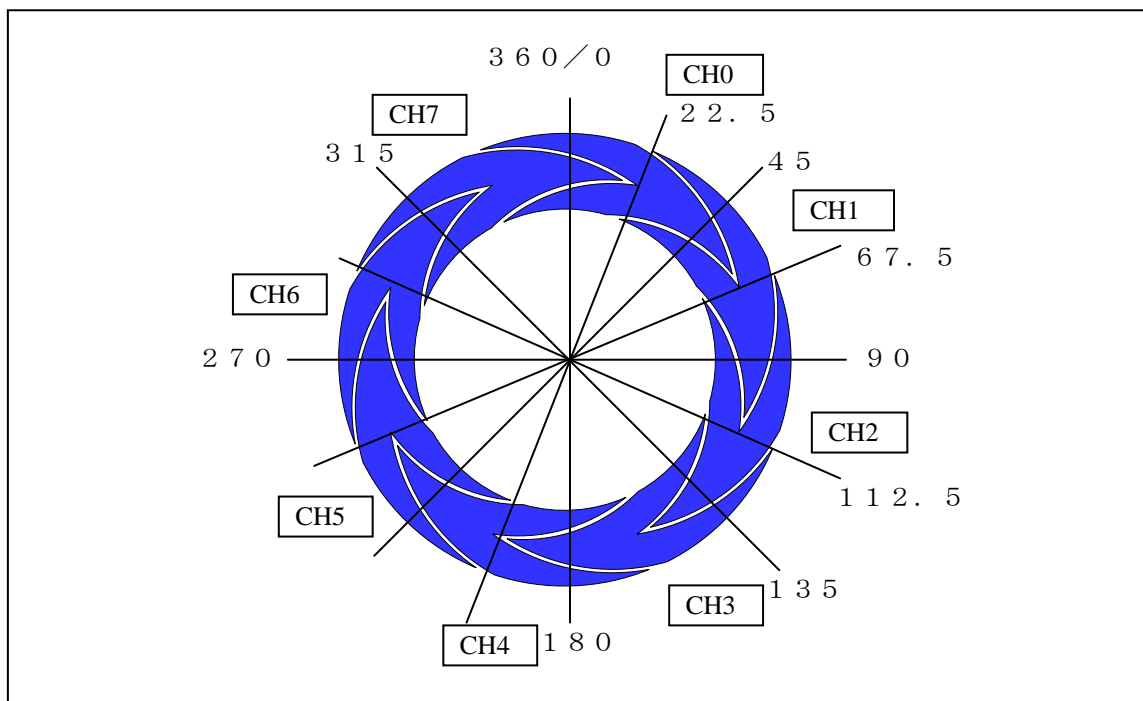


図 3-1- 1 8電極ホイール動作説明図

8つの電極を用いたホイール構成では、CH0を円周上の22.5度の位置になる様に配置します。

- ①ホイールを構成する8電極の内、最も変化量の大きいCHをセンターとした3電極の変化量を用います。
- ②抽出された3つの電極の変化量に対して、22.5、67.5、112.5の重み付けを行ない3つの電極での角度 (AngleX) を算出します。
- ③最も変化量の大きいCH番号に合わせてAngleX値をオフセットして最終値を得ます。

以下の演算式により、タッチされたポジションを角度のデータとして出力します。

$$AngleX = \frac{\Delta ch\ max \times 67.5 + \Delta ch\ dec \times 22.5 + \Delta ch\ inc \times 112.5}{\Delta ch\ max + \Delta ch\ dec + \Delta ch\ inc}$$

$$Angle = AngleX - 45 + ch\ max \times 45)$$

式 3-1- 18 電極ホイール角度算出式

- 注) chmax : 変化量が最大のCH番号
 $\Delta ch\ max$: 最大変化CHの変化量
 $\Delta ch\ dec$: 最大変化CHに隣接するCHの変化量 (半時計周りに隣接)
 $\Delta ch\ inc$: 最大変化CHに隣接するCHの変化量 (時計周りに隣接)

サンプルコードでは、演算簡略化の為、重み付けを 22、67、112としています。

3.2 8電極ホイールでのマルチポジショニング

本アプリケーションノートでのホイール演算方法では、位置検出に最大変化CH及び隣接するCHの3つのみで位置情報（Angle値）を得る事が可能です。
これにより、8電極でのホイールでは、実用上4ポジションの位置情報を得る事が可能です。

以下に例を示します。

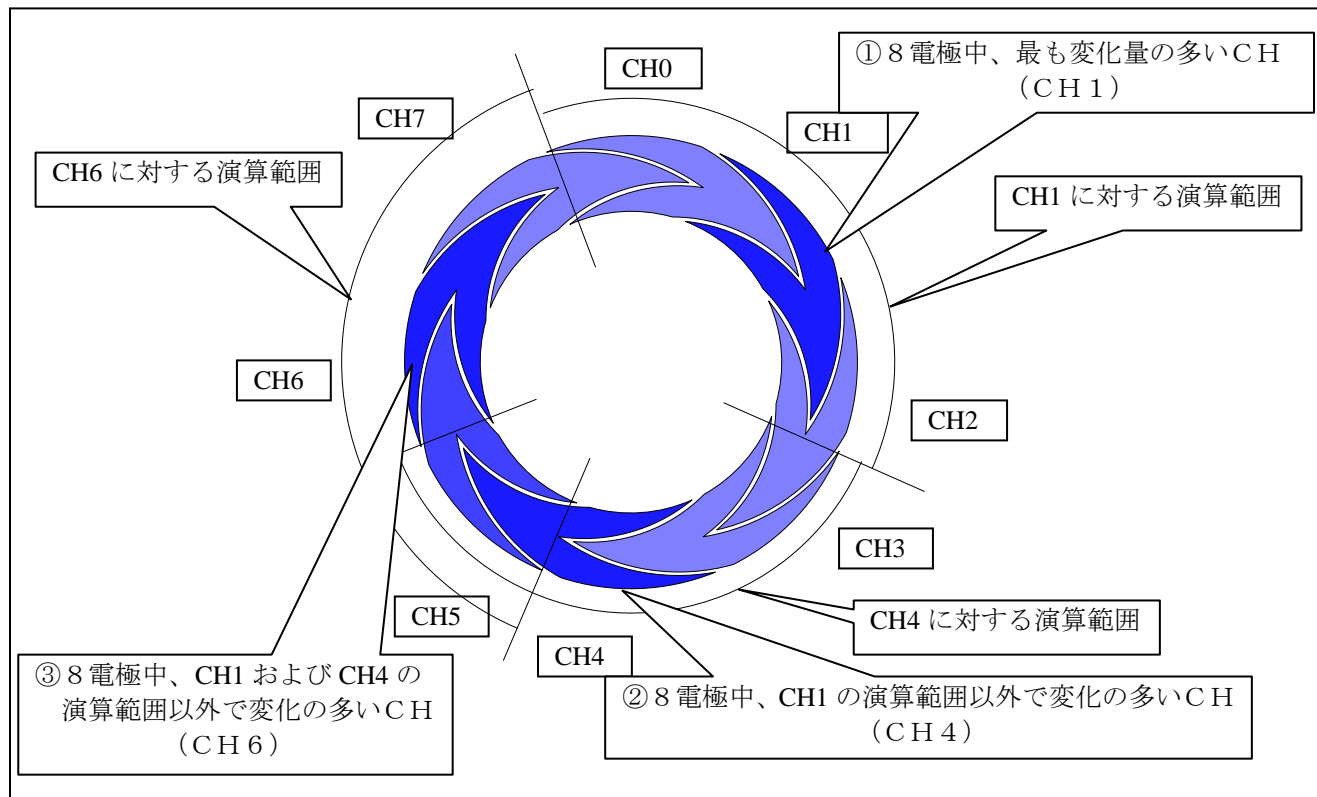


図 3-2-1 8電極ホイールでのマルチポジショニング動作説明図

- ① 前述 「3.1 8電極を用いたホイール構成例」の様に8電極中の最大値に対して、Angleを求めます。
(図の例ではCH1が最大変化CH 演算にはCH0,CH1,CH2を使用)
- ② ①の演算で用いたCH以外の最大変化CHに対してAngleを求めます。
(図の例ではCH4に対する演算を実施、演算にはCH3,CH4,CH5を使用)
- ③ ①及び②の演算で用いたCH以外の最大CHに対してAngleを求めます。
(図の例ではCH6に対する演算を実施、演算にはCH5,CH6,CH7を使用)

上記の①、②の様に、演算に使用するCHの重複が無い場合、位置情報は互いに影響無く出力可能です。

この方法を用いる事により、以下のようなアプリケーションが考えられます。

- ・任意のポジションONで特殊モード（SHIFT等）＋ホイール動作（2点動作）
- ・左右、又は上下の2点でホイール動作（2点動作）
- ・角度情報をキー情報として割付（5度単位割付の場合、72キー）、かつ4キー同時認識

注）角度情報の精度は、電極サイズ、パターン形状、操作方法に左右されます。

4. ドリフト補正及びタッチ判定

4.1 ホイール動作でのドリフト補正

ホイール動作を行う場合のドリフト補正について記述します。

ホイール演算では、タッチされた電極及び両隣の電極の静電容量変化量を基に演算を行います。

その為、タッチキーで用いている個別のドリフト制御(注)を行った場合正しい演算結果が得られません。

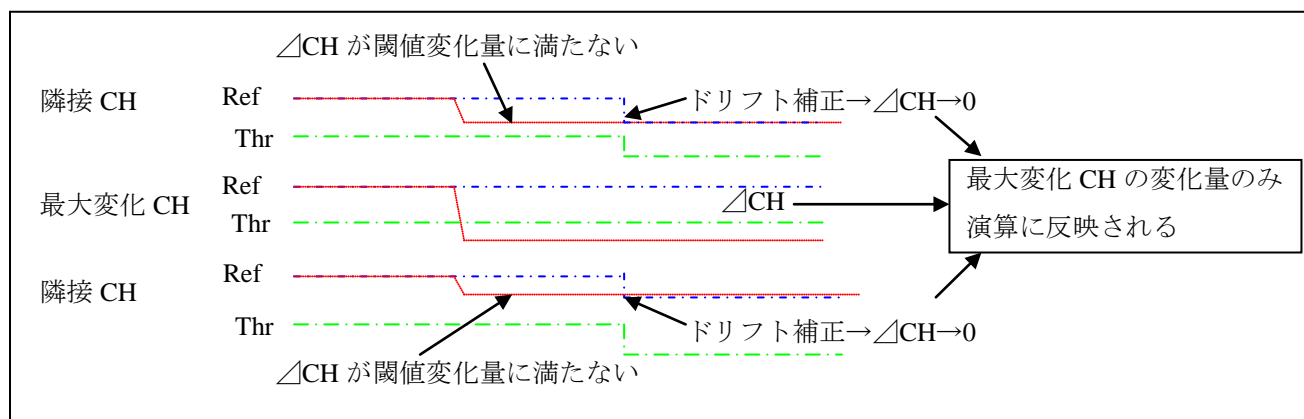


図 4-1-1 ドリフト補正動作説明図

注) 該当 CH が ON している場合はドリフト補正を行わない。

ホイール運用では、構成される CH すべてを一括して、ドリフト補正する必要があります。

具体例としては、構成 CH のすべての変化量に対する閾値を作成し、全体 ON/OFF の判断によりドリフト補正を行います。

$$Asum = \Delta ch0 + \Delta ch1 + \dots + \Delta ch(N-1) \quad \text{Nch構成ホイール総変化量}$$

$$if(Asum > ATHR)\{\dots \quad \text{ドリフト補正判断}$$

ATHR : ホイール閾値

式 4-1-1 ホイール動作 総変化量算出式

ホイール運用 CH では、全体 ATHR 及び Asum での全体 ON/OFF 判断によりドリフト補正/ホイール演算処理分岐での運用が標準的となります。

4.2 タッチキー判定

ホイールによる角度情報を分割してキー情報出力する場合などの、タッチON/OFF判定は角度演算に用いたCHの変化量に対する閾値を設ける事で判断します。
また、隣り合うキーとのチャタリングを防止する為にデッドAngleを設定します。

例 4 電極ホイールの角度出力により 12CHキーを実現する場合

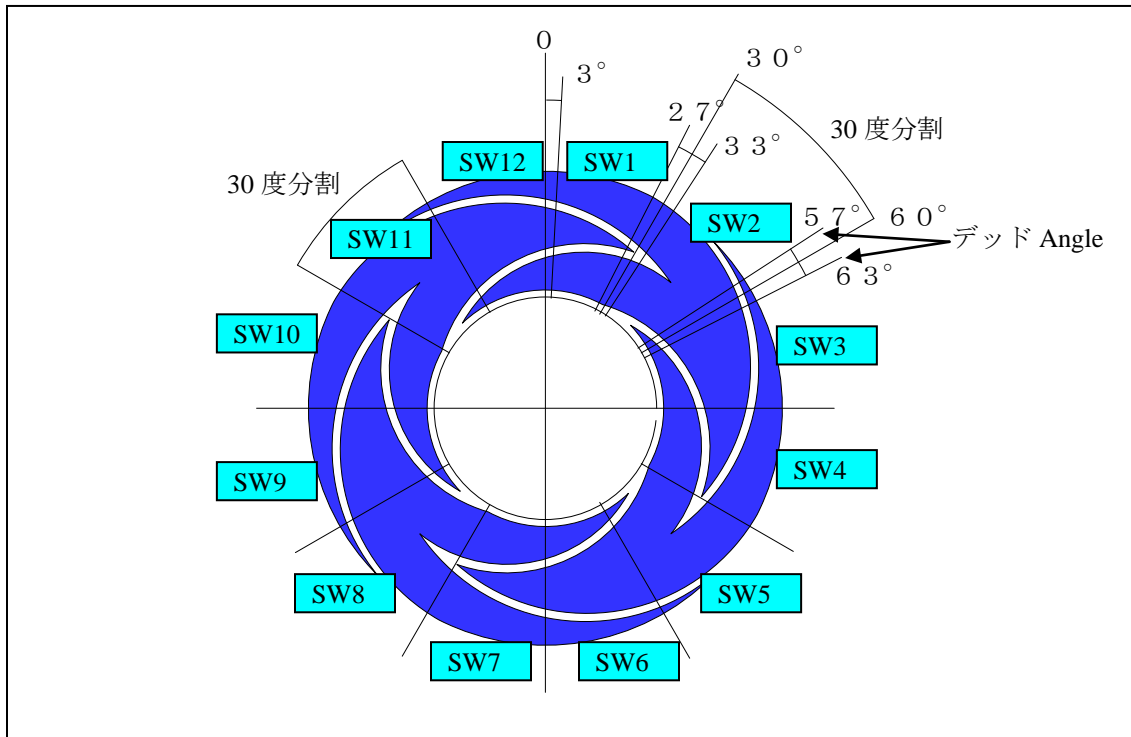


図 4-2- 1 タッチキー判定説明図

$$SWout = \frac{Angle}{DivAngle}$$

SWout : 出力 SW 番号
Angle : 角度情報
DivAngle : 分割角度

デッド Angle 判定 (各 SW 間に 6° のデッド Angle を設定)

$$\angle angle = Angle - (SWout \times DivAngle)$$

If (3 < $\angle angle$ < 27) . . .

式 4-2- 1 タッチ判定演算式

5. サンプルコード

```

/*****
/* Function name: swheel1_dec
/* Function: Slider Wheel Process (Use 4CH CH0 - CH3)
/* Input : Dcount
/* Output : Dangle1
/*****
extern unsigned short Dcount[MAX_CH]; /* Measured value variation (work)*/

void swheel1_dec( void ){
    unsigned long Dangle1; /* Angle output */
    unsigned char maxch1[3]; /* Array of Calculate CH number */
    unsigned long D1,D2,D3;
    unsigned char i, j;

    /*----- Check variation (ch0-ch3) -----*/
    for ( i = 0,j = 0; i < 3; i++) { /* Check variation (ch0-ch3) */
        if (Dcount[j] < Dcount[i + 1]) {
            j = i + 1;
        }
    }

    /*----- Filling an array (CH number of maximum variation)*/
    /*-----*/
    if (maxch1[0] == 0) { maxch1[1] = 3;}
    else { maxch1[1] = maxch1[0] - 1;}
    if (maxch1[0] == 3) { maxch1[2] = 0;}
    else { maxch1[2] = maxch1[0] + 1;}

    /*----- Angle calculation -----*/
    D1 = Dcount[maxch1[1]] * 45; /* */
    D2 = Dcount[maxch1[0]] * 135; /* */
    D3 = Dcount[maxch1[2]] * 225; /* */
    Dangle1 = D1 + D2 + D3;
    Dangle1 = Dangle1 / (Dcount[maxch1[0]] + Dcount[maxch1[1]] + Dcount[maxch1[2]]);
    Dangle1 = Dangle1 -90 + (maxch1[0] * 90);
}

```

```

/*****
/* Function name: swheel2_dec
/* Function: Slider Wheel Process (Use 8CH CH4 - CH11)
/* Input : Dcount
/* Output : Dangle[n](0 - 360) Max 4point
/*****
extern unsigned short Dcount[MAX_CH]; /* Measured value variation (work) */

void swheel2_dec( void ){
    unsigned long Angle[4]; /* Angle output */
    unsigned short D_work_buff[9][2]; /* work array */
    unsigned char maxch[4][3]; /* work array */
    unsigned long D1,D2,D3;
    unsigned char i, j,k,n;
    /*----- work array initial -----*/
    for ( i = 0 ; i < 9; i++ ) {
        D_work_buff[i][0] = i + 4;
        D_work_buff[i][1] = Dcount[i+4];
        if(i == 8) {
            D_work_buff[8][0] = 0;
            D_work_buff[8][1] = 0;
        }
    }
    /*----- Angle decode (Max 4 Point out put) -----*/
    for ( n = 0; n < 4; n++) {
    /*----- Check variation (ch0-ch3) -----*/
        for ( i = 0,j = 0; i < 7 ; i++) {
            if (D_work_buff[j][1] < D_work_buff[i + 1][1]) {
                j = i + 1;
            }
        }
    /*-----
        maxch[n][0] = D_work_buff[j][0];
        /*Filling an array (CH number of maximum variation)*/
    /*-----
        if (maxch[n][0] == 4) { maxch[n][1] = 11;}
        else { maxch[n][1] = D_work_buff[j - 1][0];}
        if (maxch[n][0] == 11) { maxch[n][2] = 4;}
        else { maxch[n][2] = maxch[n][0] + 1; }
    /*-----
        for ( i = 0; i < 3; i++) {
            for ( j = 0; j < 8; j++) {
                if(D_work_buff[j][0] == maxch[n][i]) {
                    for (k = j;k < 8; k++) {
                        D_work_buff[k][0] = D_work_buff[k+1][0];
                        D_work_buff[k][1] = D_work_buff[k+1][1];
                    }
                    break;
                }
            }
        }
    /*----- Angle calculation -----*/
        D1 = Dcount[maxch[n][1]] * 22;
        D2 = Dcount[maxch[n][0]] * 67;
        D3 = Dcount[maxch[n][2]] * 112;
        Dangle[n] = D1 + D2 + D3;
        Dangle[n] = Dangle[n] / (Dcount[maxch[n][0]] + Dcount[maxch[n][1]] +
                                Dcount[maxch[n][2]]);
        Dangle[n] = Dangle[n] -45 + ((maxch[n][0] - 4) * 45);
    }
}

```

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com/>

お問い合わせ先

<http://japan.renesas.com/inquiry>

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2010.03.05	—	新規採番により初版発行（旧番号 RJJ05B1622-0100）

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本文を参照してください。なお、本マニュアルの本文と異なる記載がある場合は、本文の記載が優先するものとします。

1. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。

CMOS製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI周辺のノイズが印加され、LSI内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。

2. 電源投入時の処置

【注意】電源投入時は、製品の状態は不定です。

電源投入時には、LSIの内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。

同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

3. リザーブアドレスのアクセス禁止

【注意】リザーブアドレスのアクセスを禁止します。

アドレス領域には、将来の機能拡張用に割り付けられているリザーブアドレスがあります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

4. クロックについて

【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。

プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

5. 製品間の相違について

【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、事前に問題ないことをご確認下さい。

同じグループのマイコンでも型名が違っていると、内部メモリ、レイアウトパターンの相違などにより、特性が異なる場合があります。型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
3. 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。
標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、
防災・防犯装置、各種安全装置等
当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じて、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っていません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問合せください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
9. 本資料に記載されている当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍事用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担していただきますのでご了承ください。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。

注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサスエレクトロニクス株式会社およびルネサスエレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1において定義された当社の開発、製造製品をいいます。



ルネサスエレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所・電話番号は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス販売株式会社 〒100-0004 千代田区大手町 2-6-2 (日本ビル)

(03)5201-5307

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。
総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>